



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA**

**“DIAGNÓSTICO DE MODELOS DE YESO VS DIGITALES: EXACTITUD Y FIABILIDAD EN LA COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DE BOLTON Y SUS MEDICIONES CORRESPONDIENTES”**

*Tesis de grado previa a la obtención de título de “Especialista en Ortodoncia”*

**Autor:**

Od. Adrian Genaro Pinos Luzuriaga

**Director de Tesis:**

Dr. Manuel Estuardo Bravo Calderón

**CUENCA - ECUADOR**

**2015**

## **RESUMEN**

En la actualidad el uso de herramientas más sofisticadas en ortodoncia como son los programas de computadora y los modelos de estudio digitales, ha brindado mayores facilidades en el diagnóstico, planificación de un tratamiento y la fabricación de aparatología; cambiando la forma tradicional de medirlos, además de eliminar las desventajas que representa el almacenamiento físico de los mismos.

El objetivo de este estudio fue comparar el grado de exactitud y fiabilidad del índice de Bolton y sus mediciones correspondientes entre los métodos manual y digital de modelos de estudio. El trabajo incluyó 50 modelos de estudio de pacientes del postgrado de ortodoncia de la Universidad de Cuenca, los cuales para la medición manual (estándar dorado) se empleó un calibrador digital tipo Vernier Mitutoyo de 0.01mm de precisión. Para el método digital se empleó un escáner de Laser óptico Optical RevEng y para las mediciones un programa de diagnóstico ortodóntico Nemocast 3D. La reproducibilidad entre los métodos se calculó a través de la prueba t de Student, su fiabilidad mediante el coeficiente de correlación de Pearson's. El nivel de significancia estadística se estableció en 0.05. Resultados: Todos los resultados presentaron una excelente correlación entre ambos métodos, la prueba t indicó que existen diferencias significativas entre ambos métodos a excepción de la suma anterior inferior y el Bolton anterior.

Conclusión: A pesar de que la reproducibilidad de ambos métodos mostró en su mayoría diferencias estadísticamente significativas, la precisión, exactitud y fiabilidad de los dos métodos fue alta y sus diferencias clínicamente irrelevantes.

Palabras claves: modelo digital, modelo de estudio, índice Bolton, precisión, fiabilidad.

## **ABSTRACT**

Actually the use of more sophisticated tools in orthodontics such as digital software and digital studio models, has provided greater facility for the diagnosis, treatment planning and manufacture of appliances; changing the traditional approach to measurement, and eliminate the disadvantages that represents the physical storage.

The aim of this study was to compare the accuracy and reliability of Bolton index and corresponding measurements between manual and digital methods of study models. The study included 50 patient study models of orthodontic postgraduate of the University of Cuenca, whereby for the manual measuring (gold standard) was employed a digital Vernier caliper Mitutoyo with 0.01mm accuracy. For digital method was used an optical laser scanner Optical RevEng and the measurements with an orthodontic software Nemocast 3D. The reproducibility of both methods was calculated by Student's t test, and reliability by Pearson's correlation coefficient. The statistical significance level was set at 0.05. Results: All results showed excellent correlation of both methods, the t test indicated that there are significant differences between the two methods except anteroinferior sum and anterior Bolton.

Conclusion: Although the reproducibility of both methods showed mostly statistically significant differences; precision, accuracy and reliability of the two methods was high and clinically irrelevant.

Keywords: digital model, study model, Bolton index, accuracy, reliability.

## ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I .....	13
1. INTRODUCCIÓN:.....	14
CAPITULO II .....	15
2. JUSTIFICACIÓN:.....	16
CAPITULO III.....	17
3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL: .....	18
3.1 Revisión de la literatura.....	18
3.2 Antecedentes de la investigación: .....	18
3.3 Diagnóstico en Ortodoncia .....	24
3.4 Métodos de Diagnóstico.....	24
3.4.1 Anamnesis .....	25
3.4.2 Examen Clínico .....	25
3.4.3 Exámenes Complementarios.....	25
3.5 Modelos de Estudio .....	26
3.5.1 Análisis de los modelos de Estudio .....	27
3.5.2 Análisis de los diámetros Mesio-Distales de los dientes en modelos de estudio.....	29
3.5.3 Análisis de Bolton .....	29
3.5.4 Bolton Total.....	30
3.5.5 Bolton Anterior.....	31
3.6 Técnicas de Medición de Modelos .....	31
3.6.1 Medición Manual de Modelos .....	31
3.6.2 Modelos Digitales Tridimensionales .....	33
3.7 Digitalización de Modelos de Estudio por medio de Escáner Óptico .....	33
3.8 Medición Digital de Modelos .....	35
CAPITULO IV .....	38
4. OBJETIVOS:.....	39
4.1 Objetivo General .....	39
4.2 Objetivos Específicos .....	39
CAPITULO V .....	40
5. HIPÓTESIS:.....	41
5.1 Hipótesis Nula: No existe diferencia significativa en las mediciones manual contra digital .....	41
5.2 Hipótesis Alternativa: Existe diferencia significativa entre las mediciones manuales contra digital .....	41



CAPITULO VI .....	42
6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA:.....	43
6.1 Tipo de Estudio.....	43
6.2 Muestra .....	43
6.3 Materiales .....	44
6.4 Métodos .....	45
6.4.1 Método Manual.....	45
6.4.2 Método Digital.....	46
6.5 Análisis y Expresión de Resultados .....	49
CAPITULO VII .....	50
7. RESULTADOS:.....	51
CAPITULO VIII .....	58
8. DISCUSIÓN:.....	59
9. CONCLUSIONES: .....	62
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....	63
11. ANEXOS: .....	68

**ÍNDICE DE FIGURAS:**

Figura 1: Modelos de estudio de yeso.....	14
Figura 2: Análisis de los modelos de estudio.....	15
Figura 3: Diagrama de medición de análisis de Bolton.....	17
Figura 4: Formula Bolton Total.....	17
Figura 5: Formula Bolton Anterior.....	18
Figura 6: Medición manual de modelos con el compás de dos puntas.....	19
Figura 7: Medición manual de modelos con un calibrador tipo vernier.....	19
Figura 8: Modelo de yeso convencional (izq.) y digitalizado (der.).....	20
Figura 9: Escáner óptico de luz estructurada.....	21
Figura 10: Haz de luz durante el escaneo de un modelo de yeso.....	22
Figura 11: Modelo digitalizado.....	22
Figura 12: Orientación de modelos en los planos del espacio.....	23
Figura 13: Colocación de puntos de referencia en el modelo digital.....	23
Figura 14: Grupo de muestra de modelos de diagnóstico.....	29
Figura 15: Calibrador digital tipo vernier.....	30
Figura 16: Escáner digital de laser óptico.....	30
Figura 17: Software de diagnóstico digital Nemocast 3D.....	31
Figura 18: Medición manual posterior.....	31
Figura 19: Medición manual anterior.....	32
Figura 20: Escaneo y Digitalización de modelos.....	32
Figura 21: Orientación espacial del modelo digital.....	32
Figura 22: Colocación de plano oclusal y rafe medio.....	33
Figura 23: Marcación de puntos digitales.....	33
Figura 24: Marcación de puntos digitales.....	33
Figura 25: Resultado final con medidas e índices.....	34



## ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Pruebas de Normalidad.....	36
Tabla 2: Suma anterior superior manual contra digital.....	36
Tabla 3: Suma anterior inferior manual contra digital.....	37
Tabla 4: Bolton Anterior manual contra digital.....	38
Tabla 5: Suma total superior manual contra digital.....	39
Tabla 6: Suma total Inferior manual contra digital.....	40
Tabla 7: Bolton Total Manual contra Digital.....	41



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Regresión lineal comparando la suma anterior superior manual contra digital.....	37
Grafico 2: Regresión lineal comparando la suma anterior inferior manual contra digital.....	38
Grafico 3: Regresión lineal comparando índice de Bolton Anterior manual contra digital.....	39
Grafico 4: Regresión lineal comparando la suma total superior manual contra digital.....	40
Grafico 5: Regresión lineal comparando la suma total inferior manual contra digital.....	41
Grafico 6: Regresión lineal comparando índice de Bolton Total manual contra digital.....	42





**Universidad de Cuenca**  
**Cláusula de Derechos de Autor**

Adrián Genaro Pinos Luzuriaga, autor de la tesis **“DIAGNÓSTICO DE MODELOS DE YESO VS DIGITALES: EXACTITUD Y FIABILIDAD EN LA COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DE BOLTON Y SUS MEDICIONES CORRESPONDIENTES.”**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de, *Especialista en Ortodoncia*. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 07 de marzo de 2016

Adrián Genaro Pinos Luzuriaga

0105242580



**Universidad de Cuenca**  
**Cláusula de Propiedad Intelectual**

Adrián Genaro Pinos Luzuriaga, autor de la tesis **“DIAGNÓSTICO DE MODELOS DE YESO VS DIGITALES: EXACTITUD Y FIABILIDAD EN LA COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DE BOLTON Y SUS MEDICIONES CORRESPONDIENTES.”** certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 07 de marzo de 2016

Adrián Genaro Pinos Luzuriaga

0105242580



## **DEDICATORIA**

A mis padres, mis hermanos, mi abuelo y familiares, a mis amigos, compañeros y a todos los que pusieron su confianza en mí.



## **AGRADECIMIENTOS**

Sobre todas las cosas primero a Dios que siempre me da la sabiduría e inteligencia, a todos mis Maestros tanto nacionales como extranjeros que son mis pilares en la Ortodoncia, a los que aportaron su contribución en esta investigación: mis amigos y colegas Drs. Andrés García, y Estuardo Bravo el cual es nuestro principal mentor.



## **CAPITULO I**

## **1. INTRODUCCIÓN:**

Los modelos de estudio juegan un papel muy importante dentro de un tratamiento ortodóntico ya que son fundamentales para el diagnóstico, planificación y evolución del tratamiento, éstos nos permiten tener un registro en tres dimensiones de las características dentales y oclusales de cada paciente como tamaño de los dientes, apiñamiento, overjet, overbite, análisis de discrepancia y el análisis de Bolton, etc. Estos índices los obtenemos gracias a mediciones dentales con calibradores que nos proporcionan datos exactos, dándonos parámetros en las medidas mesio-distales de los dientes.<sup>1,2</sup> Gracias al avance de la tecnología digital, ésta ha hecho cambios significativos en la ortodoncia, los registros tradicionales como historias, fotografías, radiografías y modelos están siendo reemplazados digitalmente, facilitando la obtención de datos del diagnóstico de una manera más rápida, y una fácil visualización de cualquiera de los registros del paciente, eliminando las limitaciones que genera el almacenamiento físico de los mismos, especialmente de los modelos de yeso, que por su material poseen muchas desventajas; además esto nos brinda la posibilidad de intercambio de información e interconsulta por internet con otros profesionales de una manera rápida en cualquier parte del mundo.<sup>2,3,4,5</sup>



## **CAPITULO II**

## **2. JUSTIFICACIÓN:**

En los últimos años, hemos sido testigos de una tendencia creciente en ortodoncia hacia el uso de varios programas de computadora como herramientas coadyuvantes dentro del diagnóstico y plan de tratamiento; dentro de éstos se incluyen los modelos de estudio digitalizados que han cambiado la forma tradicional de realizar las mediciones de los mismos.

La aplicación de los análisis en el diagnóstico en este tipo de modelos, permitiría determinar un gran número de medidas de una forma rápida, sencilla y exacta, además eliminaría la necesidad de su almacenamiento físico y todas las desventajas que lo representa.

Con esta investigación pretenderemos validar el grado de fiabilidad del análisis de Bolton y sus medidas correspondientes, comparando el método manual de medición en modelos de yeso con el método de medición digital tridimensional mediante un programa computarizado.





## **CAPITULO III**

### 3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL:

#### 3.1 Revisión de la literatura

La revisión de la literatura se hizo por temas, estos fueron desarrollados a partir de la búsqueda, lectura y uso de referencias de artículos científicos, libros y tesis vinculados al contenido de la investigación. En el primer tema, se desarrolla los antecedentes de la investigación, donde se mencionan estudios del tema realizados en orden cronológico; en el segundo, se describe brevemente el diagnóstico en ortodoncia y sus aspectos principales incluidos; en el tercer tema, los modelos de estudio su análisis e índice de Bolton; y en el cuarto tema, las técnicas de medición de modelos manuales y digitales.

#### 3.2 Antecedentes de la investigación:

Tomasetti J. y Taloumis L. (2001) determinaron la exactitud y la eficacia del análisis total y anterior de Bolton usando medidas manuales con un calibrador tipo Vernier, comparando con tres métodos computarizados. Cada método también fue comparado basándose en el tiempo requerido para cada análisis. Los autores concluyeron que hay métodos más eficientes en tiempo capaces de medir o realizar el análisis de Bolton. De todas maneras no hay exactitud en los métodos computarizados comparados con el método tradicional.<sup>3</sup>

Garino F. y Garino B. (2002) investigaron si existen diferencias entre las medidas mesiodistales, rotación e inclinaciones de los incisivos centrales de ambas arcadas, la distancia intercanina e intermolar tomadas de los modelos de yeso y los modelos digitales. Las medidas fueron realizadas directamente con un calibrador digital, y en los modelos digitales con un software 3D. Dos examinadores realizaron dos veces las medidas tanto en los modelos de yeso como en los modelos digitales. Los resultados muestran que las diferencias son más significativas en los modelos digitales que en los modelos de yeso, debido a la habilidad o cualidad de rotar y alargar los modelos digitales sin variar el tamaño real del diente.<sup>4</sup>

Zilberman O. y Cols. (2003) realizaron un estudio con el propósito de probar la exactitud de las medidas de los modelos mediante la ayuda de calibradores digitales y del software Ortho CAD comparando estas dos técnicas. Las medidas mesiodistales obtenidas de los dientes, las

dimensiones intercaninas e intermolares fueron tomadas en ambos modelos. Los valores resultantes fueron comparados, dando como resultado que las medidas de los calibradores digitales en los modelos de yeso eran altamente válidas y reproducibles para el diámetro de diente y las anchuras de arco, seguida de cerca por el Ortho CAD.<sup>2</sup> Quimby M. y Cols. (2004) determinaron la exactitud y validez, la reproductividad y confiabilidad y la eficacia de las medidas hechas en los modelos digitalizados, comparando con modelos de yeso concluyendo que las medidas hechas en modelos digitalizados parecen ser exactas y fiables como las medidas hechas en los modelos de yeso, por tanto los modelos digitalizados parecen ser una alternativa clínica aceptable a modelos convencionales de yeso.<sup>5</sup> Hayasaki H. y Cols. (2005) realizaron un estudio con el propósito de evaluar un método para el análisis de modelos dentales en 3 dimensiones usando un scanner digitalizador y un Software de 3D. Se usó 15 juegos de modelos de yeso los cuales fueron digitalizados dos veces por el mismo operador en diferentes días; se midieron las distancias intermolares, interpremolaes, intercaninas, longitud y perímetro de arco, overbite y overjet tanto en los modelos de yeso con un calibrador digital como en los modelos digitales. El resultado no fue significativo, los datos generados por el programa eran estadísticamente igual que los datos obtenidos por el calibrador, concluyéndose que el método digital 3D es exacto y puede ser aplicado en la práctica clínica y en la investigación.<sup>6</sup> Rheude B. y Cols. (2005) determinaron el valor del diagnóstico y plan de tratamiento con modelos digitales en comparación con el estudio de modelos de yeso con 30 registros. Los resultados del presente estudio indican que en la gran mayoría de las situaciones modelos digitales pueden utilizarse con éxito para los registros de ortodoncia.<sup>7</sup> Stevens D. Flores C. (2006) realizaron un estudio para comprobar la validez, fiabilidad y reproducibilidad de modelos de yeso vs modelos de estudio digitales, comparando con ambos métodos el análisis de Bolton y sus mediciones constituyentes, dando como resultado que se encontraron diferencias estadísticamente significativas en algunas mediciones de la fiabilidad y la validez de los modelos digitales, pero clínicamente no fueron consideradas significativas, llegando a la conclusión que los modelos digitales no hacen la diferencia en un diagnóstico de ortodoncia; por lo que estos mismos no son una opción comprometida para la planificación del

tratamiento o diagnóstico.<sup>8</sup> Mullen S. y Martin C. (2007) determinaron la precisión y la velocidad de la medición de la longitud del arco en general y la relación de Bolton, y el tiempo para llevar a cabo un análisis de Bolton para cada paciente mediante el uso de software digital en comparación con los modelos de yeso de mano medidos con un calibrador digital. No hubo diferencia significativa entre los cálculos de Bolton con ambos métodos; se encontró una diferencia significativa en los cálculos de longitud de arco entre estos, pero fue dentro del rango de error tolerable por lo que se consideró clínicamente insignificante si se encontraron diferencias significativas en el tiempo necesario para tomar las mediciones y los cálculos entre los dos métodos, concluyendo que cuando se realiza un análisis de Bolton los modelos digitales pueden ser tan precisos pero más rápidos de medir que con el método tradicional de calibradores digitales y modelos de yeso, pudiendo usarse con total confianza el método tridimensional de medición de modelos en el diagnóstico.<sup>9</sup> Asquith J. y Cols. (2007) realizó un estudio con el objetivo de examinar la exactitud y la reproducibilidad de medidas hechas en modelos digitales 3D contra modelos de yeso convencionales, con diez modelos de estudio. Dos examinadores midieron individualmente 11 parámetros en ambos métodos en dos ocasiones. Se concluyó que la mayoría de los parámetros en los modelos digitales pueden ser medidos confiablemente.<sup>10</sup> Gracco A. y Cols. (2007) realizó un estudio con el objetivo de comparar la exactitud de las medidas realizadas usando software en modelos digitales con medidas hechas a mano en modelos de yeso, usando un calibrador tradicional de Boley y en los modelos 3D usando el software desarrollado por la facultad de Ingeniería Informática de Padua. No existió diferencia entre las medidas realizadas entre ambos métodos, pero si ventajas en el tiempo con la medición del software 3D; concluyendo que las medidas realizadas en los modelos 3D son una alternativa válida y confiable a esas usadas actualmente en modelos del yeso en práctica ortodóntica, con la ventaja perceptiblemente de reducir tiempos en los análisis.<sup>11</sup> Jedlińska A. (2008) realizó un estudio con el objetivo de verificar si los modelos virtuales en 3D podrán sustituir a los modelos de yeso y mejorar el proceso de tratamiento de ortodoncia y la organización del trabajo en la práctica de ortodoncia, por medio de 3 métodos de medición dos manuales con calibrador manual y otro digital, y el tercero digital en 3D; dándonos como

conclusión que la tecnología de modelos virtuales en 3D necesita mejoras, sin embargo, como los modelos se aplican ampliamente en todo el mundo se puede afirmar que por el momento están opción ventajosa para los modelos de yeso.<sup>12</sup> Leifert M. y Cols. (2009) compararon las mediciones de análisis de espacios realizado en modelos digitales con los modelos dentales de yeso de 25 pacientes realizados por dos examinadores, los cuales no se encontraron diferencias significativas entre las medidas de los dos examinadores; concluyendo que la precisión de la evaluación de software para análisis de espacio en modelos digitales es clínicamente aceptable y reproducible cuando se compara con los análisis de modelo de estudio de yeso tradicional.<sup>13</sup> El-Zanaty H. y Cols. (2010) realizaron una comparación de la precisión de las mediciones dentales tomadas con calibradores sobre modelos dentales de yeso con los de tomografía computarizada de la dentición con un programa de medición dental de 34 modelos de estudio, midiendo el arco dental incluidos anchos mesiodistales de dientes, longitudes de arco, perímetro y profundidad palatina. Los resultados mostraron un fuerte acuerdo en la mayoría de las mediciones entre el método convencional y el 3D en los tres planos del espacio; concluyendo que hay un excelente acuerdo entre las mediciones con ambos métodos; mediciones en 3D pueden ser una alternativa a los modelos dentales convencional de yeso.<sup>14</sup>

Fleming PS, y Cols. (2011) a través de una revisión sistemática evaluaron mediciones de tamaño de los dientes, la longitud del arco, el índice de irregularidad, anchura y el apiñamiento, en modelos digitales en comparación con las mediciones generada en los modelos de yeso con calibradores digitales en pacientes con y sin maloclusión. Dos autores participaron en la selección de los estudios, la evaluación de la calidad y la extracción de datos, buscando en bases de datos que incluyen MEDLINE, LILACS, BBO, ClinicalTrials.gov, el Registro Nacional de Investigación y Pro-QUEST Dissertation Abstracts y bases de datos de tesis; después de todos los parámetros de búsqueda y criterios de inclusión, se seleccionaron diecisiete estudios relevantes sobre este tema. Todas las comparaciones entre las mediciones de modelos digitales y yeso realizadas dentro de los estudios fueron menores y clínicamente insignificantes, concluyendo que se puede recomendar el uso de modelos digitales como una alternativa a la medición convencional sobre modelos de

yeso, a pesar que existen evidencias de variabilidad.<sup>15</sup> Sousa M. y Cols. (2012) evaluó la fiabilidad de las mediciones realizadas en modelos digitales tridimensionales obtenidas con un escáner de laser con veinte modelos de denticiones permanentes. Las mediciones convencionales se realizaron con un calibrador digital; no se encontraron diferencias entre las mediciones realizadas directamente en los modelos dentales y sobre los modelos digitales, concluyendo que las mediciones lineales, anchura y la longitud de arco en los modelos digitales son exactos y reproducibles.<sup>16</sup> Nalcaci R. y Cols. (2013) comparó la precisión, reproducibilidad, la eficacia y la efectividad de las mediciones obtenidas mediante modelos digitales con los obtenidos utilizando modelos de yeso. Con una muestra de veinte modelos digitales en 3D y las mediciones con un software computarizado O3DM. Para las mediciones manuales se utilizó un pie de rey, midiendo los anchos mesiodistales de cada modelo de estudio, desde el primer molar al primer molar; repitiendo al menos un mes más tarde por el mismo operador para ambos métodos digitales y manuales. Los resultados fueron estadísticamente significativos entre los dos métodos, las mediciones obtenidas utilizando los modelos digitales eran menores que los obtenidos mediante los modelos de yeso. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos de discrepancias anterior Bolton, por lo que el uso de software de O3DM es una alternativa aceptable para el método tradicional de pie de rey en la práctica de ortodoncia.<sup>17</sup> Grunheid T. y Cols. (2014) evaluó la precisión, reproducibilidad y eficiencia del tiempo de las mediciones dentales tomadas con 3 tipos de modelos digitales en 30 pacientes, midiendo los anchos mesiodistales de los mismos cronometrando y comparando con los modelos de yeso correspondientes, que se utiliza como el estándar de oro. Dando que las mediciones de los anchos mesio-distales en los modelos digitales pueden ser tan precisos, reproducibles y significativamente más rápidos que los tomados en modelos de yeso.<sup>18</sup> Porto BG. y Cols. (2014) evaluó la precisión y la reproducibilidad de las mediciones de los tamaños de los dientes, distancias interdentes y análisis de la oclusión utilizando modelos de yeso y sus imágenes digitales con treinta pares de modelos de yeso fueron escogidos al azar, las imágenes tridimensionales digitales de cada modelo de yeso se obtuvieron con un escáner de láser y las mediciones con un software digital, y

para los modelos de yeso se usó un calibrador. Los resultados demostraron que la precisión y la reproducibilidad de las mediciones de los dientes y los análisis de los modelos de yeso utilizando el calibrador y de los modelos digitales usando el software eran idénticos.<sup>19</sup> Radeke J. y Cols (2014) comparó la técnica manual tradicional de usar el pie de rey para tomar medidas de ortodoncia en modelos de estudio en yeso frente a una técnica de medición totalmente digital tridimensional de modelos digitalizados con un escáner de luz blanca; con una muestra de 55 modelos y tres examinadores con diferentes grados de experiencia en odontología y ortodoncia realizaron las mediciones de los anchos mesiodistales de los dientes de 6 a 6. Los resultados de todos los valores individuales no revelaron ninguna diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones mesiodistales basadas en software y el calibrador. Valores similares se obtuvieron con ambos métodos.<sup>20</sup> Reuschl R.P. Y Cols. (2015) comparó la precisión y eficacia de los análisis de modelos de yeso con modelos digitales de 19 casos por dos examinadores calibrados, los análisis se realizaron con un calibrador de diagnóstico y análisis asistido por ordenador después de la digitalización de los modelos de yeso. Los valores resultantes fueron estadísticamente significativos, pero como conclusión fue que clínicamente las diferencias entre los métodos de comparación no parecieron significativos. Los análisis de modelos de yeso y digitalizados parecen ser fiables, adecuados, y una alternativa para ahorrar tiempo en comparación de los análisis manuales.<sup>21</sup> De Luca Canto G. Y Cols.(2015) elaboró una revisión sistemática donde se evaluó la validez de las mediciones dimensionales intra-arco hechos de modelos dentales digitales escaneados en comparación con las mediciones directamente obtenidos de los modelos de yeso originales (patrón de oro). Después del proceso de selección, finalmente se incluyeron 16 artículos que compararon mediciones de modelos digitales producidos a partir de escaneo láser en contra de sus modelos de yeso. Las mediciones de los modelos de yeso originales debieron ser obtenidas con un calibrador manual o digital (estándar de oro). Se usaron bases de datos de Cochrane, EMBASE, MEDLINE, PubMed, LILACS. Los estudios indicaron un acuerdo consistente entre la validez de las mediciones obtenidas después de usar un escáner de láser a partir de modelos de yeso a las mediciones directas son similares. Las diferencias encontradas serían clínicamente insignificantes,



por tanto existe evidencia científica coherente para apoyar la validez de las mediciones de los modelos dentales digitales en comparación con las manuales convencionales.<sup>22</sup>

### **3.3 Diagnóstico en Ortodoncia**

La palabra diagnóstico viene del griego diagnosis que significa discernir entre, conocer las diferencias entre; por tanto diagnosticar es determinar la diferencia de lo normal con lo anormal o indeseado, por tanto el diagnóstico en ortodoncia es un elemento fundamental para establecer y definir las metas de un tratamiento. Es muy importante reconocer la etiología de los problemas para considerar el orden de prioridad en el plan de tratamiento del paciente. Un tratamiento de ortodoncia se basará en la evaluación clínica y toda la documentación ortodóncica, compuesto por los exámenes auxiliares, radiográficos, modelos de estudio con sus respectivos análisis y fotografías faciales e intrabucales, que serán de gran utilidad no sólo en el diagnóstico sino también en la evolución del tratamiento para cumplir con las expectativas del paciente.<sup>23</sup>

El diagnóstico ortodóntico comprende dos aspectos claramente diferenciados: el clínico y el cefalométrico. En el estudio clínico involucra todos aquellos procedimientos que permiten describir, analizar y medir el problema maxilofacial y dentario en sus aspectos morfológicos y funcionales mediante maniobras clínicas realizadas sobre el paciente en forma directa o con el auxilio de algunos elementos complementarios. Es por ello, que se existen dos métodos: directos como la anamnesis, exploración visual y palpación manual e instrumental. Y métodos indirectos como fotografías, radiografías panorámicas, oclusales y periapicales, modelos de estudio y modelos montados en articulador.<sup>24</sup>

### **3.4 Métodos de Diagnóstico**

Comprende los siguientes aspectos principales

- Anamnesis
- Examen clínico
- Exámenes complementarios ( fotografías, radiografías, modelos)



### **3.4.1 Anamnesis**

Son datos que se recogen en la historia clínica, un punto muy importante será el motivo de la consulta que consiste en determinar el motivo principal del paciente, mayormente por razones de índole estética o muchas veces por problemas funcionales que en estos casos generalmente son remitidos por otro profesional. Incluye también los antecedentes médicos, familiares, genéticos y odontológicos.<sup>23, 24</sup>

### **3.4.2 Examen Clínico**

Comprende la exploración visual y la palpación, que se realiza en los campos: facial y bucodental. Dentro del primero se valora la estética de la cara, sonrisa, relaciones de armonía en los planos sagital y vertical, tanto de frente como de perfil. En el campo bucodental se exploran los tejidos blandos, dentición, diferentes funciones, y el área periodontal.<sup>23, 24</sup>

### **3.4.3 Exámenes Complementarios**

Constituyen los métodos indirectos en el diagnóstico de ortodoncia, son exámenes auxiliares que se requerirán en todos los casos. En este grupo están las fotografías dentales, que son herramientas muy importantes e imprescindibles para el correcto diagnóstico estético. También son útiles para el seguimiento o evolución del tratamiento del paciente.

Las radiografías igualmente son métodos de examen auxiliar de suma utilidad dentro de las cuales tenemos: las radiografías panorámicas, estas proporcionan una evaluación global, nos dan informaciones morfológicas y cronológicas del desarrollo de los dientes en una única toma radiográfica. Es un examen suplementario al examen clínico para estudiar las variaciones de las estructuras dentomaxilares y las afecciones patológicas de tejidos duros y blandos. Las radiografías periapicales nos brindan la misma información que la radiografía panorámica, pero con un campo de evaluación más reducido, aunque con mayor definición; indica la integridad de los tejidos dentarios y para el estudio de las condiciones radicales y periodontales, también tenemos las radiografías oclusales, cuyo uso es limitado, complementa a las anteriores en

la localización de los dientes retenidos. Mencionaremos la tomografía axial computarizada TAC que son imágenes en 3d, siendo lo más nuevo en imágenes dentro del diagnóstico. Cabe mencionar que todos estos exámenes auxiliares del diagnóstico ortodóntico son considerados documentos médico-legales para protección del profesional.<sup>10, 24, 25, 26</sup>

### **3.5 Modelos de Estudio**

Los modelos de estudio o de diagnóstico, son réplicas exactas de la boca del paciente en yeso. Éstos se construyen con impresión de la boca del paciente que se rellenan con material plástico. Cuando el yeso endurece se separa de la impresión, el modelo resultante se denomina modelo de estudio o modelo de diagnóstico. Los modelos de estudio en yeso constituyen uno de los elementos de gran importancia para el diagnóstico y plan de tratamiento ortodóntico, ya que nos permiten un análisis detallado de la forma y simetría de los arcos, alineamiento dentario, giroversiones, anomalías de forma y tamaño dentario, diastemas, morfología de las papilas interdentes y la forma del paladar. En una vista vestibular, con los modelos en oclusión, se puede determinar la relación de los molares o llave de Angle, overbite, overjet, mordidas cruzadas posteriores y anteriores, mordida abierta, inclinaciones axiales, curva de Spee, etc. Además de todas las observaciones complementarias que confirman con más detalle aquello que el examen clínico ya nos mostró, los modelos de estudio nos permiten hacer mediciones para determinar la relación entre la cantidad de espacio en el arco alveolar y la cantidad de espacio exigido para que todos los dientes estén alineados correctamente. Los análisis de la discrepancia de modelos pueden ser realizadas en la dentición permanente y en la dentición mixta.<sup>9, 27, 28</sup>



Figura 1.- Modelos de estudio de yeso

### 3.5.1 Análisis de los modelos de Estudio

Los datos aportados por el estudio de los modelos permiten hacer el análisis estático y dinámico de las arcadas, constituyen una herramienta muy importante para el diagnóstico y la planificación del tratamiento. El estudio se realiza en los tres planos del espacio: transversal, anteroposterior o sagital y vertical. Cada uno de ellos considera cada arcada independientemente.<sup>24, 29</sup>

Análisis transversal de las arcadas dentarias: se utiliza como referencia el plano medio sagital para evaluar la coincidencia o no de la línea media dentaria con la línea media del maxilar o mandibular, la simetría transversal de ambas arcadas (diastemas o apiñamiento), relación transversal interarcadas (mordidas cruzadas uni o bilaterales).

Análisis sagital de las arcadas dentarias: la referencia utilizada para este estudio es el plano transversal. Para la descripción de la relación anteroposterior entre arcadas superior e inferior se utiliza la clasificación de Angle: Clase I, II y III, y se la considera a nivel molar y canino; además se analiza el overjet o resalte incisal.

Análisis vertical de las arcadas dentarias: en este análisis el plano de referencia utilizado es el horizontal, que corresponde al plano oclusal; analiza sobremordida u overbite y la curva de Spee.

Análisis de la longitud de la arcada: es la relación entre el espacio disponible en la arcada dentaria y el espacio requerido para el correcto posicionamiento de los dientes, es la Discrepancia Dentaria.

Cuando realizamos un análisis intermaxilar de la posición de los dientes en sus arcadas podemos encontrar tres situaciones diferentes.

1. Los dientes están perfectamente alineados, con sus puntos de contacto correctamente establecidos.
2. Se observan diastemas.
3. Existe apiñamiento.

El estudio de esta discrepancia se hace en la dentición mixta o en la dentición permanente. Es necesario cuantificarla con la mayor exactitud posible debido a que es uno de los datos fundamentales que utilizaremos en la planificación del tratamiento.

Espacio disponible: corresponde al tamaño del hueso basal, es la longitud que se mide desde la cara mesial del primer molar permanente a la cara mesial de su homólogo del lado opuesto, pasando a través de los puntos de contacto de premolares y caninos y los bordes incisales de los incisivos.

Espacio requerido: está dado por la suma de los anchos mesiodistales de los dientes mesiales a los primeros molares. Como estos dientes pueden estar erupcionados o no, distinguiremos métodos diferentes para el análisis de la dentición permanente y de la dentición mixta.<sup>24</sup>

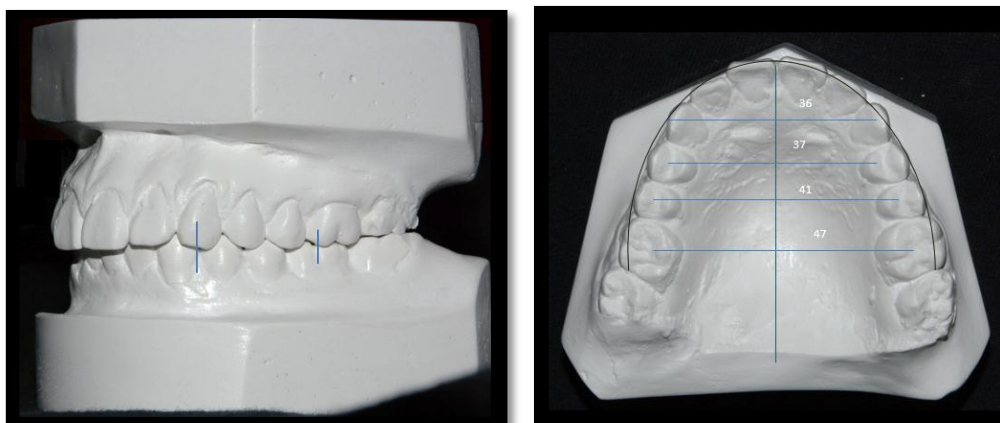


Figura 2.- Análisis de los modelos de estudio

### **3.5.2 Análisis de los diámetros Mesio-Distales de los dientes en modelos de estudio.**

Dentro del diagnóstico del tratamiento de Ortodoncia, es muy importante la medición de las discrepancias dentales para un correcto alineamiento de los dientes con fines estéticos y funcionales. Estas discrepancias mesiodistales son detectadas con frecuencia durante las etapas avanzadas del tratamiento ortodóncico, en los casos donde hay dificultad de obtener la ideal interdigitación dental (relación molar, premolar y canina de Clase I), el correcto overjet, overbite y la línea media interincisal. En la mayoría de los pacientes se presentan estas discrepancias, pocas veces se intenta determinar su significado clínico antes del tratamiento debido a que existen maneras de compensar estas discrepancias en las que mencionaremos, la rotación de piezas dentales, modificando su inclinación axial, modificación el ancho del arco, o con desgates interproximales.

El tamaño dental tiene relación con la etiología de algunas maloclusiones. De acuerdo al promedio, las maloclusiones presentan diámetros mesiodistales mayores que las oclusiones normales. Parece que en la ausencia de discrepancias entre el tamaño, la posición y el crecimiento facial, la musculatura oral y perioral; las discrepancias dentales pueden afectar la oclusión en formas variadas. La presencia de dientes grandes está positivamente asociada con arcos dentales anchos y también con apiñamiento dental. Arcadas con dientes grandes sin apiñamiento se acompañan frecuentemente de proinclinación de los dientes anteriores, afectando la estética facial. Por ello, esta importancia de conocer los diámetros mesiodistales de cada pieza dentaria, para esto nos basaremos en elementos de ayuda para realizar las mediciones y varios tipos de análisis establecidos por diferentes autores, que incluyen en el diagnóstico ortodóncico<sup>24,30,31,32,33</sup>

### **3.5.3 Análisis de Bolton**

La relación de los anchos mesiodistales de los dientes maxilares con los mandibulares fue calculada por Wayne A. Bolton en 1958, sobre 55 casos de oclusiones ideales tomados tanto en individuos tratados (44), como no tratados ortodóncicamente (11); los anchos mesiodistales dentales se midieron desde el primer molar permanente del lado derecho hasta el primer molar permanente del lado izquierdo. El tamaño de los dientes de ambas arcadas debe guardar

una proporción armónica. El empleo de este índice nos ayuda a detectar durante el diagnóstico de modelos posibles desarmonías entre los tamaños dentarios de la arcada superior e inferior, ya que el desequilibrio en esta relación suele manifestarse en las fases finales del tratamiento, imposibilitando el logro de una correcta relación interoclusal, especialmente la relación canina, así como también la corrección del overjet y/o overbite, según los casos.

Existen dos índices de Bolton: Bolton Total y Bolton Anterior.<sup>34</sup>

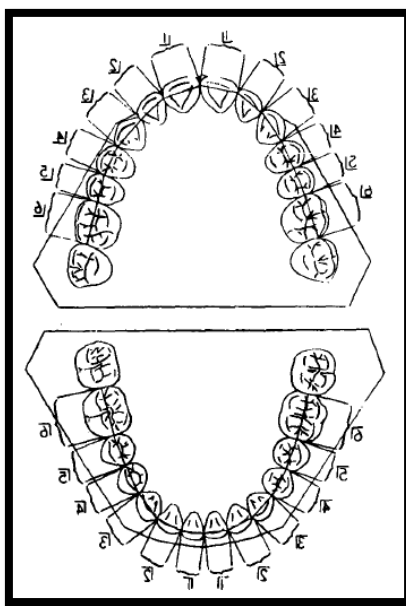


Figura 3.- Diagrama de medición de análisis de Bolton

### 3.5.4 Bolton Total

Se toma los anchos mesiodistales de los doce dientes superiores, del primer molar permanente derecho al primer molar permanente izquierdo, los cuales son medidos y comparados con la suma obtenida por el mismo procedimiento llevado a cabo sobre los doce dientes mandibulares, el resultado obtenido es multiplicado por 100. A esto se denomina relación o proporción total, dando un resultado de 91.3<sup>35</sup>

$$\frac{\text{Suma Mandibular 6-6}}{\text{Suma Maxilar 6-6}} \times 100 = \text{Relación Total}$$

Figura 4.- Formula Bolton Total

### 3.5.5 Bolton Anterior

Constituye el mismo método que el Total, sólo con los dientes anteriores. Se calcula al dividir la suma de las anchuras mesiodistales de los seis dientes anteriores mandibulares para la suma de las anchuras mesiodistales de los dientes anteriores maxilares y después multiplicando el resultado por 100. Se denomina relación o proporción anterior que es 77.2<sup>35</sup>

$$\frac{\text{Suma Mandibular 3-3}}{\text{Suma Maxilar 3-3}} \times 100 = \text{Relación Anterior}$$

Figura 5.- Formula Bolton Anterior

Como valores clínicamente significativos para ambas proporciones, el autor estableció a todos aquellos que salían al rango: para la proporción total valores fuera del intervalo 87.5 – 94.8% (promedio: 91.3% = 0.26) y para la proporción anterior valores fuera del intervalo 74.5-80.4% (promedio: 77.2% = 0.22).

En Bolton Total, valores entre 87.5- 94.8%, nos indican una proporción normal entre los diámetros mesiodistales de ambas arcadas, valores por debajo a 91.3%, pueden ser interpretados como exceso de material dentario de los dientes superiores; si el índice total supera 91.3%, hay un exceso de material dental inferior en relación a los superiores. En Bolton Anterior, valores entre 74.5% y 80.4% nos indican condiciones favorables para obtener adecuadas relaciones oclusales en el sector anterior; valores mayores a 77.2% indica que la causa de la discrepancia es un tamaño excesivo de los dientes anteriores inferiores, y menores a 77.2% se debe a un mayor tamaño de los dientes superiores respecto a los inferiores.<sup>32, 33, 34, 35</sup>

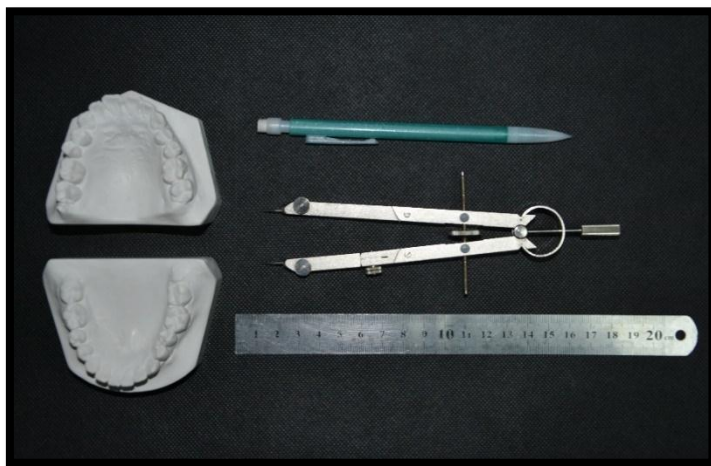
## 3.6 Técnicas de Medición de Modelos

### 3.6.1 Medición Manual de Modelos

Para poder determinar cualquier índice dentario o cualquier diferencia entre la longitud de los arcos y la longitud de su base ósea, debemos partir del conocimiento de la medida del diámetro mesiodistal de cada diente en



particular. Para ello utilizamos un calibrador dental que puede ser un pie de rey o un compás de dos puntas.<sup>36, 37</sup>



*Figura 6.- Medición manual de modelos con el compás de dos puntas*



*Figura 7.- Medición manual de modelos con un calibrador tipo vernier*

En 1995, Shellhart y Cols evaluaron la fiabilidad del análisis de Bolton cuando se realiza con estos 2 instrumentos, analizando el efecto del apiñamiento en el error de la medición. Encontraron que el calibrador Boley (Vernier) fue ligeramente más fiable que el compás de dos puntas, y que los errores de medición clínicamente significativos pueden ocurrir en modelos con apiñamiento de por lo menos 3 mm.<sup>3, 32</sup>

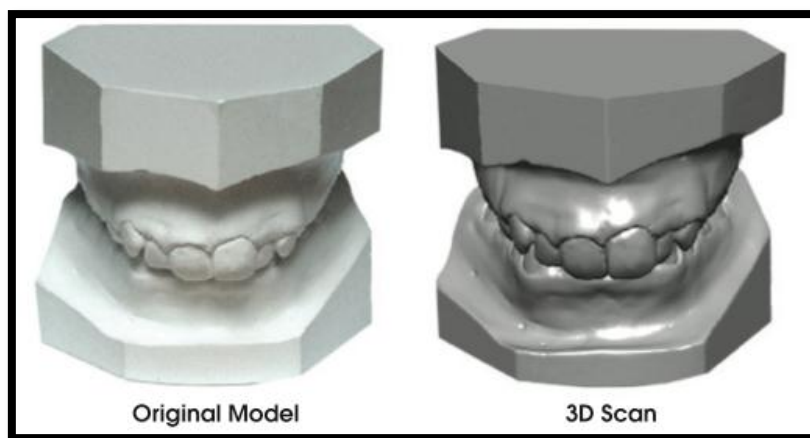


### 3.6.2 Modelos Digitales Tridimensionales

Con los recientes avances en el desarrollo de sistemas digitales, tenemos la tecnología de los modelos de estudio digitales que permite al ortodoncista ver imágenes y gestionar en un entorno virtual en tres dimensiones, permitiendo así la sustitución de los modelos de ortodoncia de yeso y todas las desventajas que presentan.<sup>20, 38, 39</sup> Esto ha permitido el desarrollo e investigación de nuevos métodos de gestión completamente digital de todos los registros del paciente. Los métodos que han sido considerados incluyen fotocopias, fotografías digitales, holografías, estereofotogrametría, foto óptica, escaneo con láser óptico, escáner intra-oral.<sup>8- 22, 40, 41</sup>

La sustitución de modelos de yeso de ortodoncia con los digitales tiene muchos beneficios los cuales mencionaremos:

- la accesibilidad instantánea de la información en 3D sin necesidad de modelos de yeso con su área de almacenamiento;
- la capacidad de realizar diagnósticos , índices y set up precisos y rápidos de diversos patrones de tratamiento;
- Datos e imágenes digitales que pueden ser transferidos a cualquier lugar del mundo para remisión o interconsulta.<sup>15, 22, 42</sup>



*Figura 8.- Modelo de yeso convencional (izq.) y digitalizado (der.)*

### 3.7 Digitalización de Modelos de Estudio por medio de Escáner Óptico

Los escáneres ópticos proyectan un patrón de luz que puede ser de distintos colores. Reciben el nombre de escáneres de luz estructurada. Aunque lo

normal es que se trate de luz blanca o azul, también pueden llegar a ser luz verde o roja. La diferencia estriba en que la luz ambiente puede influir en la lectura del escáner si la luz para la que está preparado es del mismo color.

El color del objeto también influye en el escaneado. Un haz láser proyectado sobre una superficie roja apenas se verá. Lo mismo ocurre con un escáner de luz azul sobre una superficie azul. Un escáner de luz blanca, al tener un espectro más amplio, se ve menos afectado por aquello, pero aun así tendrá dificultades con un objeto completamente negro.

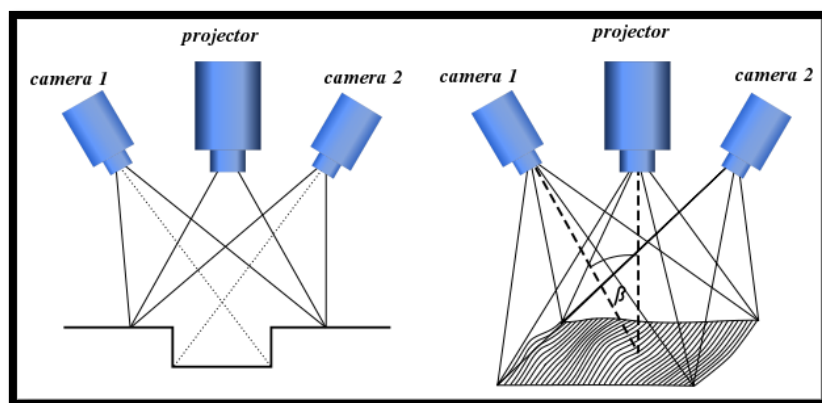
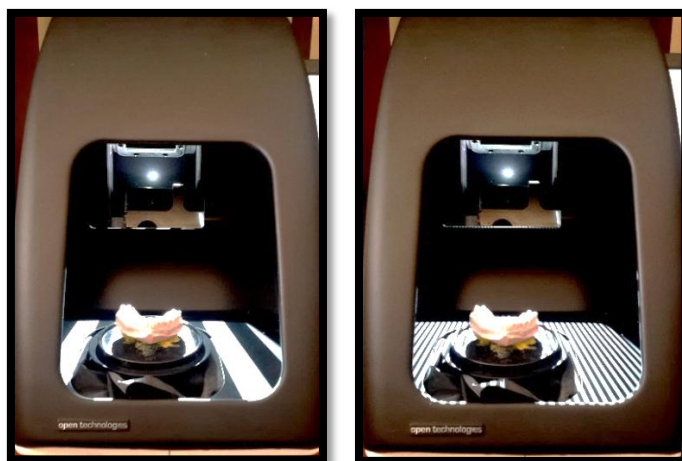


Figura 9.- Escáner óptico de luz estructurada

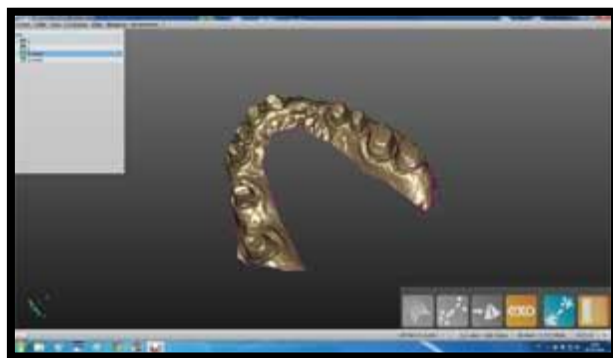
La tecnología CAD/CAM en Odontología forma una parte importante dentro de la sistemática de diagnóstico, plan de tratamiento y realización de muchos procedimientos. El escaneado tridimensional es el análisis de un objeto para obtener toda la información de su superficie obteniendo un modelo digital tridimensional del mismo. Esto se realiza por medio de escáneres tridimensionales.<sup>43</sup>

El propósito de cualquier escáner 3D es crear una “nube de puntos” que represente la superficie del objeto que se quiere escanear. Estos puntos se utilizan para extrapolar la forma del objeto, en un proceso llamado reconstrucción. Los escáneres 3D se parecen a las cámaras fotográficas. Como las cámaras, tienen un campo de visión en forma de cono y no pueden recoger información de superficies que estén ocultas. El escáner recoge, en cada “imagen” que toma, información de la distancia de cada punto de la superficie del objeto dentro de su campo de visión. Normalmente con un solo escaneado no se puede obtener toda la superficie del modelo, por lo que se realizan varios, incluso cientos, de escaneados para poder registrar toda la

superficie del objeto. Todos estos escaneados han de llevarse a un sistema de referencia de coordenadas común, proceso que recibe el nombre de alineamiento, y que conlleva la fusión de los escaneados para obtener un modelo completo del objeto en formatos como STL.<sup>43</sup> Cuando estas imágenes son convertidas en formato de STL, la superficie del modelo CAD se convierte en un gran número de triángulos que mejoran la calidad de la imagen y añaden precisión al algoritmo para la construcción del modelo final.<sup>44</sup>



*Figura 10.- Haz de luz durante el escaneo de un modelo de yeso*



*Figura 11.- Modelo digitalizado*

### **3.8 Medición Digital de Modelos**

Después de la digitalización de los modelos de estudio, el diagnóstico y análisis de los mismos se realizan por medio de programas computarizados en los cuales a los modelos digitalizados se los prepara mediante una serie de pasos

y posiciones en los planos del espacio. La orientación del modelo digital se define en relación con el sistema de coordenadas mundial; esta se consigue con respecto al maxilar.

Orientación anterior del modelo de maxilar: cuando el paciente está de pie, Z + es arriba, X + es hacia la derecha del paciente y Y + es hacia la parte anterior.

Nivelación del plano oclusal: las imágenes anteriores y superiores del maxilar incluyen una línea horizontal de referencia que se usa para nivelar el modelo de tal manera que el plano oclusal maxilar coincida con el plano XY. Esto se hace visualmente de tal forma que las cúspides de primeros y segundos premolares con las cúspides de primeros molares, sean en promedio equidistantes verticalmente desde el plano oclusal maxilar. Algunas consideraciones se tienen en cuenta de los dientes anteriores, sobre todo en situaciones en las que hay una gran curva de Spee y / o los premolares y molares no están completamente erupcionados o en mala posición.<sup>45</sup>

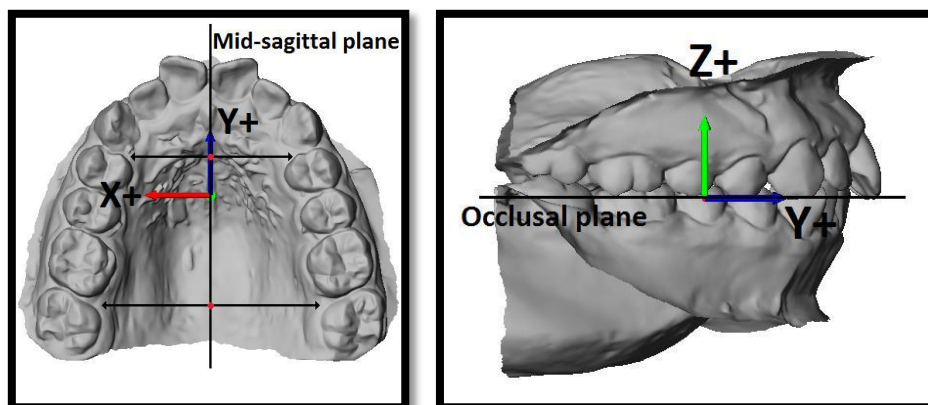
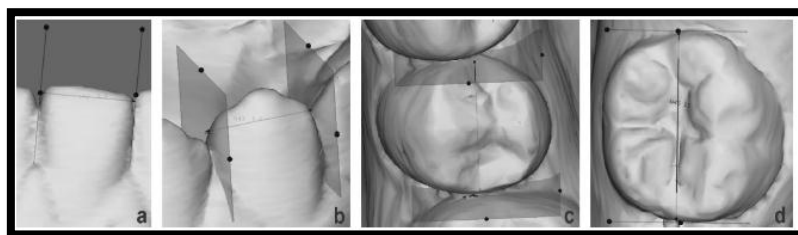


Figura 12.- Orientación de modelos en los planos del espacio

Diferentes factores pueden influir en la precisión y la fiabilidad de las mediciones de los dientes individuales dentro del arco dental, entre los que tenemos la condición de espacio existente, la inclinación de los dientes, rotaciones, la presencia de los contactos interproximales y variaciones anatómicas. Debido a la necesidad de que la ortodoncia basada en la evidencia es cada vez mayor, la precisión y la reproducibilidad de los diferentes

métodos de medición debe ser evaluado, de lo contrario, las decisiones clínicas no pueden justificarse. Hasta el momento, los siguientes sistemas se han evaluado casi exclusivamente en relación con la fiabilidad y validez: Cecile, E-models, Orametrix, OrthoCad, digiModel, O3DM, y OrthoAnalyzer.<sup>45</sup>



*Figura 13.- Colocación de puntos de referencia en el modelo digital*



## **CAPITULO IV**

## 4. OBJETIVOS:

### 4.1 Objetivo General

Comparar la precisión, exactitud y fiabilidad de los valores obtenidos con el Índice de Bolton y sus medidas tanto con el método de medición manual tradicional y el método de medición digital tridimensional.

### 4.2 Objetivos Específicos

- Determinar resultados de suma anterior superior (3-3) manual contra digital
- Determinar resultados de suma anterior inferior (3-3) manual contra digital
- Determinar resultados de suma total superior (6-6) manual contra digital
- Determinar resultados de suma total inferior (6-6) manual contra digital
- Obtener los índices de Bolton anterior y total con el método manual
- Obtener los índices de Bolton anterior y total con el método digital
- Comparar los resultados obtenidos de los índices de Bolton anterior y total con ambos métodos
- Determinar el grado de correlación entre ambos métodos



## **CAPITULO V**





## **5. HIPÓTESIS:**

El método de medición manual o tradicional, genera mayor precisión al establecer el índice de Bolton y sus medidas, en comparación con métodos digitales.

**5.1 Hipótesis Nula:** No existe diferencia significativa en las mediciones manual contra digital

**5.2 Hipótesis Alterna:** Existe diferencia significativa entre las mediciones manuales contra digital



## **CAPITULO VI**

## **6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA:**

### **6.1 Tipo de Estudio**

El estudio es descriptivo, comparativo y transversal.

### **6.2 Muestra**

Para el estudio, la muestra fue tomada en modelos de estudio de pacientes ingresados para tratamiento en la segunda promoción del Postgrado de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Cuenca. Un total de cincuenta pares de modelos de estudio, fueron seleccionados por medio de un muestreo no probabilístico por conveniencia de acuerdo a los criterios de selección indicados a continuación.

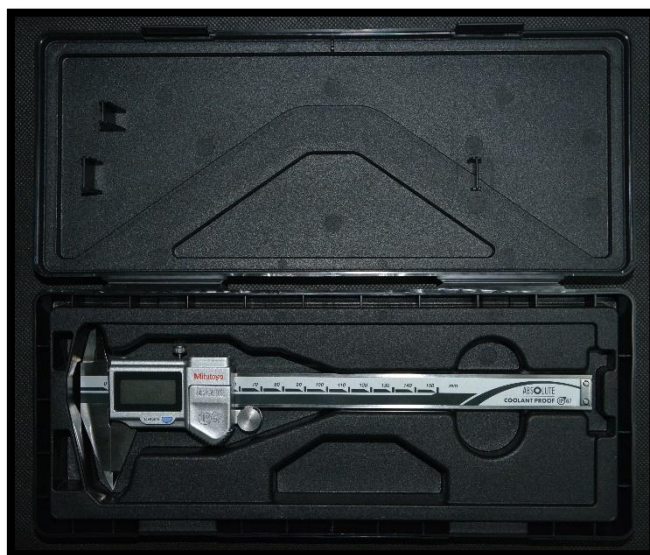
- Los modelos de yeso deben estar íntegros, no presentar defectos de vaciado para evitar sesgos en la digitalización y mediciones en ambos métodos
- No presentar marcadas malposiciones dentaria donde se dificulte su medición
- Tener dentición permanente de 1er molar derecho a 1er molar izquierdo en ambas arcadas
- No presentar algún tipo de malformaciones o lesiones en las coronas que afecten los diámetros de las mismas



*Figura 14.- Grupo de muestra de modelos de diagnostico*

### 6.3 Materiales

- Calibrador: tipo vernier marca Mitutoyo (Mitutoyo Co, Kanagawa, Japón). de puntas modificadas con 0.01mm de precisión



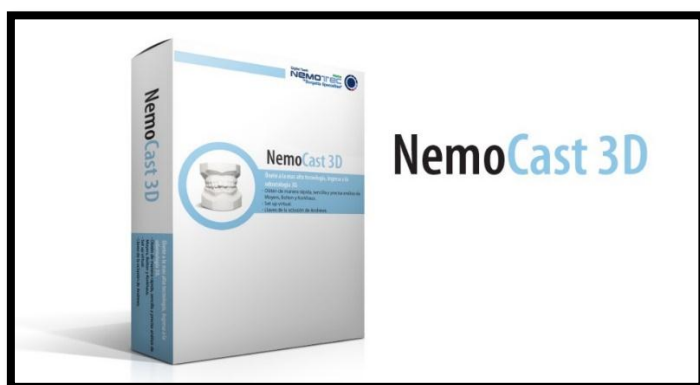
*Figura 15.- Calibrador digital tipo vernier*

- Escáner Digital de Laser Óptico: 3D Dental Scanner marca Optical RevEng (Open Technologies, Rezzato, Italia)



*Figura 16.- Escáner digital de laser óptico*

- Software de Diagnóstico Ortodóntico Digital: marca Nemocast 3D versión 11.3.1, 2013 (Nemotec, Madrid, España)



*Figura 17.- Software de diagnóstico digital Nemocast 3D*

## 6.4 Métodos

### 6.4.1 Método Manual

El método manual fue llevado a cabo por un ayudante previamente calibrado con la ayuda del investigador principal, él mismo que realizó mediciones previas en cinco muestras de modelos de yeso para determinar veracidad en las mediciones. Las medidas se realizaron con abordaje lateral, por tanto con vista desde oclusal del modelo de estudio, colocando las puntas del calibrador

formando un ángulo recto con el eje axial de la pieza dentaria a medir y con el mango del instrumento paralelo a la cara oclusal de la misma. Las mismas que se efectuaron tomando los diámetros mesiodistales de cada una de las piezas incluidas en los índices, obtuvimos por la mayor distancia entre los puntos de contacto de las superficies proximales de cada diente, Los dientes medidos fueron de primer molar del lado derecho a primer molar del lado izquierdo; mediante el empleo de un calibrador digital tipo Vernier marca Mitutoyo modelo NTD12-15PMX 500-143B modificado con las puntas más estrechas precisión de 0,01mm.



*Figura 18.- Medición manual posterior*



*Figura 19.- Medición manual anterior*

#### **6.4.2 Método Digital**

Este método se realizó con el investigador principal el cual primero efectuó la respectiva prueba piloto del análisis.

- a. Digitalización de los modelos por medio del escáner 3d, y transformación a formato SLT

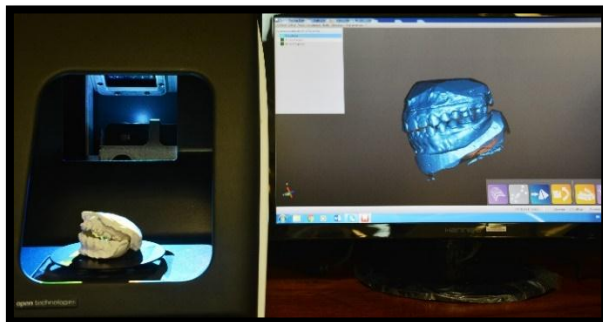


Figura 20.- Escaneo y Digitalización de modelos

- b. Ingreso de datos y preparación de los modelos digitales con el programa Nemocast 3d, donde seguimos una secuencia ordenada de pasos.
  - b1. Orientación en los tres ejes espaciales X, Y, Z.

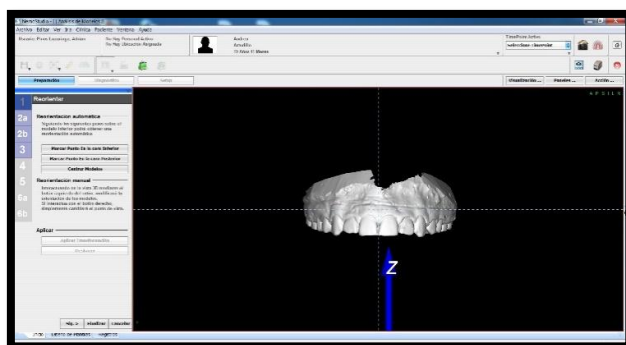


Figura 21.- Orientación espacial del modelo digital

- b2. Colocación de los planos oclusales y rafe medio

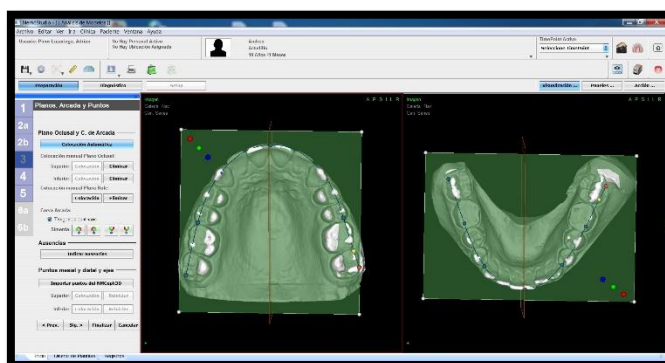


Figura 22.- Colocación de plano oclusal y rafe medio

- b3. Marcación de los puntos mesio distales de cada una de las piezas incluidas dentro del análisis



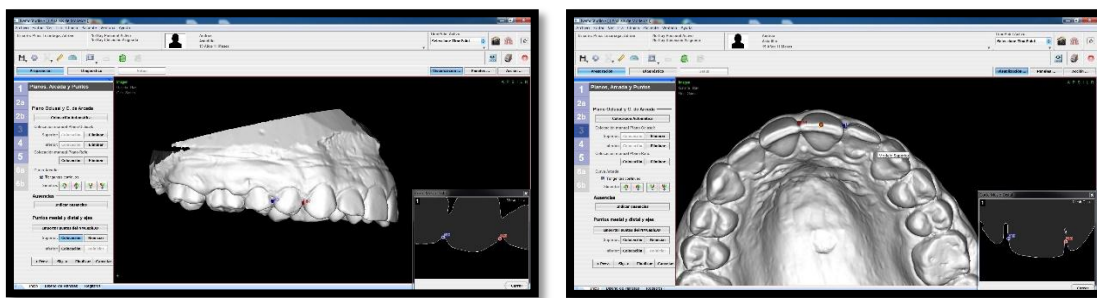


Figura 23.- Marcación de puntos digitales

b4. Zocalado de los modelos, el programa lo realiza con las normas ABO

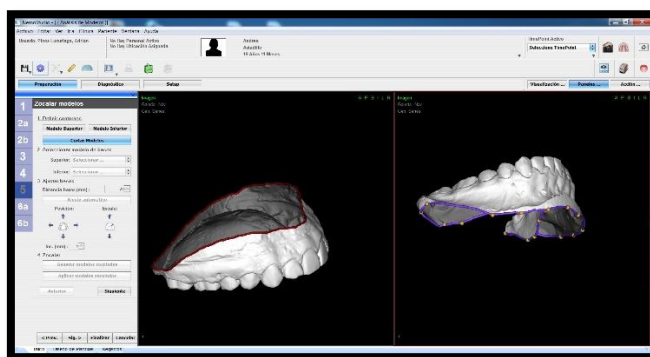


Figura 24.- Marcación de puntos digitales

b5. Modelo digitalizado, el programa nos proporcionó de forma automatizada cualquier dato requerido para diagnóstico

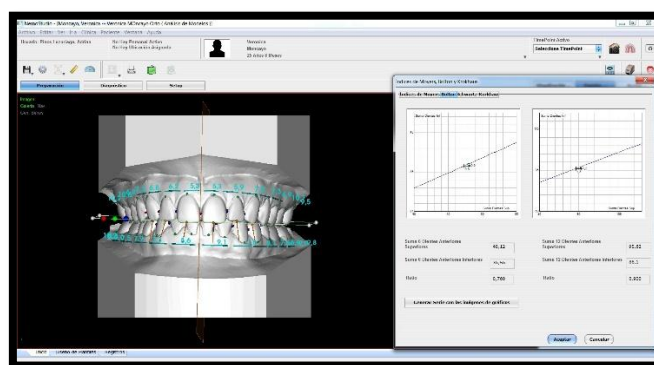


Figura 25.- Resultado final con medidas e índices



## **6.5 Análisis y Expresión de Resultados**

Con los datos obtenidos, se realizó los análisis estadísticos con el programa SPSS Versión 20.0 en español. Dentro de los análisis estadísticos se aplicó la prueba “t” de Student de muestras relacionadas, para verificar la reproducibilidad entre ambos métodos.

La fiabilidad fue determinada mediante el coeficiente de correlación de Pearson's.

El nivel de significancia estadística se estableció en 95%,  $p = 0.05$ .



## **CAPITULO VII**

## 7. RESULTADOS:

**Tabla 1: Pruebas de Normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SASM	,079	50	,200 <sup>+</sup>	,971	50	,257
SASD	,088	50	,200 <sup>+</sup>	,982	50	,639
SAIM	,096	50	,200 <sup>+</sup>	,967	50	,181
SAID	,069	50	,200 <sup>+</sup>	,978	50	,483
BAM	,098	50	,200 <sup>+</sup>	,955	50	,053
BAD	,081	50	,200 <sup>+</sup>	,974	50	,336
STSM	,081	50	,200 <sup>+</sup>	,965	50	,143
STSD	,092	50	,200 <sup>+</sup>	,968	50	,185
STIM	,077	50	,200 <sup>+</sup>	,991	50	,972
STID	,069	50	,200 <sup>+</sup>	,987	50	,844
BTM	,058	50	,200 <sup>+</sup>	,988	50	,888
BTD	,077	50	,200 <sup>+</sup>	,985	50	,754

En la tabla 1 las pruebas de normalidad asumimos la de Shapiro Wilk ya que la muestra en cada uno de los grupos es de 50 pacientes, en la que se muestran los valores de “P” valor nos indica que los datos provienen de una distribución normal.

**Tabla 2: Suma anterior superior manual contra digital**

**Prueba “T” de muestras relacionadas**

Variables	N	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza				
					para la diferencia				
					Inferior	Superior			
SASM	50	48,0392	2,30720	,32629					
SASD	50	48,3506	2,46399	,34846					
SASM - SASD		-,31140	,84661	,11973	-,55201	-,07079	-2,601	49	,012**

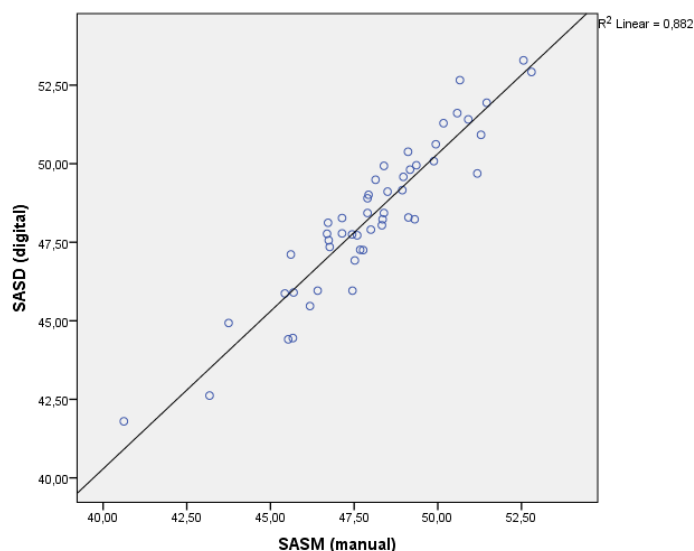
SASM: suma anterior superior manual

SASD: suma anterior superior digital

\*\* estadísticamente significativo

En la tabla 2 se describen los resultados de la suma anterior superior del método manual contra el digital, la prueba “T” de Student de muestras relacionadas dio que existe diferencias significativas entre los dos métodos (t: -2,601 gl: 49; p: ,012) con un nivel de significancia del 0.05

**Grafico 1: regresión lineal comparando la suma anterior superior manual contra digital**



En el grafico 1 el coeficiente de correlación  $R^2$  es de ,0882, indicándonos que existe una relación positiva y excelente entre las mediciones manuales (x) con las digitales (y)

**Tabla 3: Suma anterior inferior manual contra digital**

Variables	N	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
SAIM	50	37,1726	1,92520	,27226					
SAID	50	37,3392	1,99664	,28237					
SAIM - SAID		-,16660	,82147	,11617	-,40006	,06686	-1,434	49	,158*

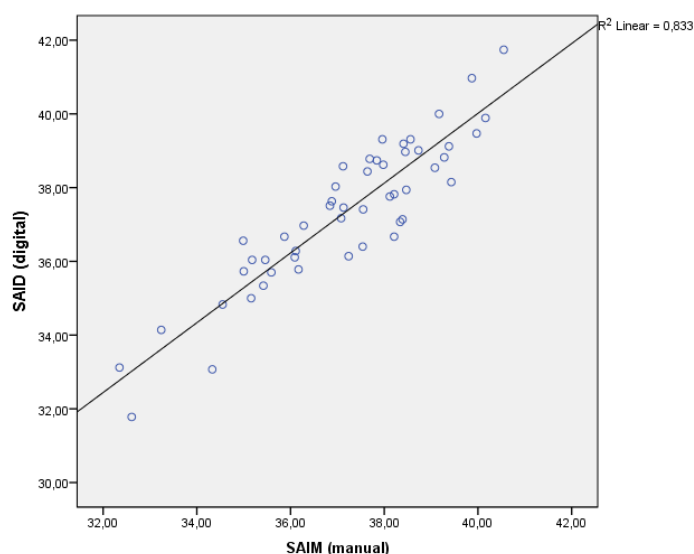
SAIM: suma anterior inferior manual

SAID: suma anterior inferior digital

\* estadísticamente no significativo

En la tabla 3 se describen los resultados de la suma anterior inferior del método manual contra el digital, la prueba “T” de Student de muestras relacionadas dio como resultado que no existe diferencias significativas entre los dos métodos ( $t: -1,434$ ;  $gl: 49$ ;  $p: ,158$ ) con un nivel de significancia del 0.05

**Grafico 2: regresión lineal comparando la suma anterior inferior manual contra digital**



En el grafico 2 el coeficiente de correlación  $R^2$  es de .0833, indicándonos que existe una relación positiva y excelente entre las mediciones manuales (x) con las digitales (y)

**Tabla 4: Bolton Anterior manual contra digital**

Variables	N	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
BAM	50	77,3984	2,30489	,32596					
BAD	50	77,2616	2,71062	,38334					
BAM - BAD		,13684	1,07183	,15158	-,16777	,44145	,903	49	,371*

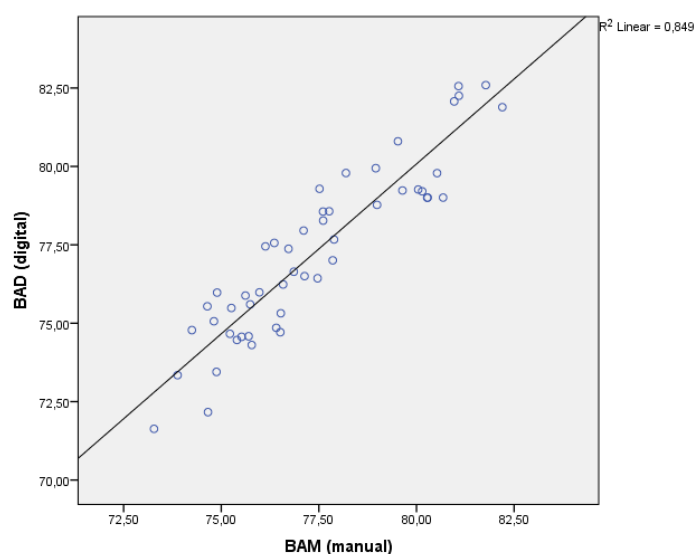
BAM: Bolton anterior manual

BAD: Bolton anterior digital

\* estadísticamente no significativo

En la tabla 4 se describen los resultados del índice de Bolton con el método manual en comparación con el digital, la prueba “T” de Student de muestras relacionadas indicó que no existe diferencias significativas entre los dos métodos ( $t: ,903$ ;  $gl: 49$ ;  $p: ,371$ ) con un nivel de significancia del 0.05

**Grafico 3: regresión lineal comparando índice de Bolton Anterior manual contra digital**



En el grafico 3 el coeficiente de correlación  $R^2$  es de .0849, indicándonos que existe una relación positiva y excelente entre Bolton manual (x) con el digital (y)

**Tabla 5: Suma total superior manual contra digital**

Variables	N	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
STSM	50	97,6608	4,29989	,60810					
STSD	50	98,0872	4,12912	,58395					
STSM - STSD		-,42640	1,15435	,16325	-,75446	-,09834	-2,612	49	,012**

STSM: suma total superior manual

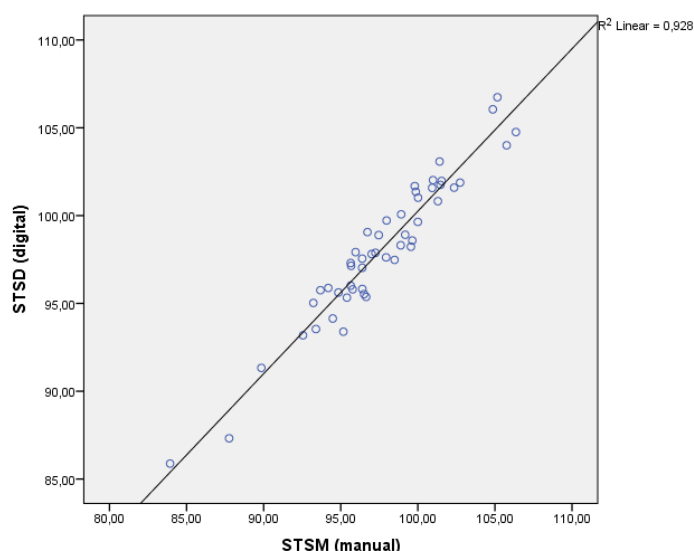
STSD: suma total superior digital

\*\* estadísticamente significativo

En la tabla 5 se describen los resultados de la suma total superior del método manual contra el digital, la prueba “T” de Student de muestras relacionadas

indicó que existe diferencias significativas entre los dos métodos (t: -2,612; gl: 49; p: ,012) con un nivel de significancia del 0.05

#### Grafico 4: regresión lineal comparando la suma total superior manual contra digital



En el grafico 4 el coeficiente de correlación  $R^2$  es de 0.928, indicándonos que existe una relación positiva y excelente entre las mediciones manuales (x) con las digitales (y)

**Tabla 6: Suma total Inferior manual contra digital**

Prueba de muestras relacionadas									
Variables	N	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
STIM	50	88,8778	4,07922	,57689					
STID	50	89,6560	4,10049	,57990					
STIM – STID		-,77820	1,40773	,19908	-1,17827	-,37813	-3,909	49	,000**

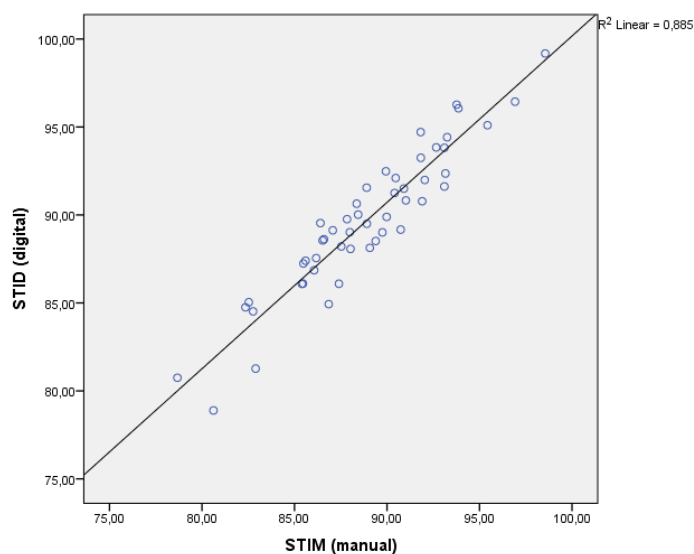
STIM: suma total inferior manual

STID: suma total inferior digital

\*\* estadísticamente significativo

En la tabla 6 se describen los resultados de la suma total inferior del método manual contra el digital, la prueba “T” de Student de muestras relacionadas indicó que existe diferencias significativas entre los dos métodos (t: -3,909; gl: 49; p: ,000) con un nivel de significancia del 0.05

**Grafico 5: regresión lineal comparando la suma total inferior manual contra digital**



En el grafico 5 el coeficiente de correlación  $R^2$  es de 0.885, indicándonos que existe una relación positiva y excelente entre las mediciones manuales (x) con las digitales (y)

**Tabla 7: Bolton Total Manual contra Digital**

Variables	N	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
BTM	50	91,0191	1,87859	,26567					
BDT	50	91,4167	2,20969	,31250					
BTM - BDT		-,39760	1,06513	,15063	-,70031	-,09490	-2,640	49	,011**

BTM: Bolton total manual

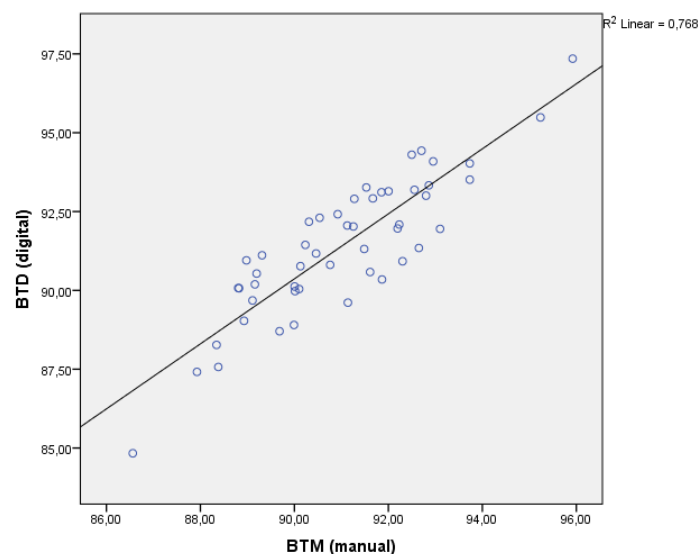
BDT: Bolton total digital

\*\* estadísticamente significativo



En la tabla 7 se describen los resultados del índice de Bolton con el método manual en comparación con el digital, la prueba “T” de Student de muestras relacionadas indicó que existe diferencias significativas entre los dos métodos ( $t: -2,640$ ;  $gl: 49$ ;  $p: ,011$ ) con un nivel de significancia del 0.05

**Grafico 6: regresión lineal comparando índice de Bolton Total manual contra digital**



En el grafico 6 el coeficiente de correlación  $R^2$  es de 0.768, indicándonos que existe una relación positiva y excelente entre Bolton manual (x) con el digital (y)



## **CAPITULO VIII**

## 8. DISCUSIÓN:

En este estudio se comparó dos métodos de medición de modelos, manual y digital; se demostró la fiabilidad y precisión del uso de modelos digitales contra los modelos tradicionales de yeso. Varios estudios se han realizado con el fin de comparar ambos métodos <sup>1,2,3,4,5,7,8,9,11,13,16,17,20</sup>. Referencias con las que se comparan esta investigación reportan diferencias estadísticamente significativas, pero clínicamente irrelevantes <sup>1, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 17</sup>, las cuales coinciden con la presente. Otros reportes indican que no existen diferencias tanto estadísticas como clínicas <sup>8, 16, 20</sup>

Tomassetti (2001)<sup>3</sup> y El-Zanaty (2010)<sup>14</sup> indicaron una excelente concordancia entre ambos métodos. En ésta investigación, los resultados del coeficiente de correlación  $R^2$  y los gráficos de regresión lineal, el más bajo fue en el Bolton total (BTM-BTD) de 0.768; y el más alto en la suma total superior (STSM-STSD) de 0.928, teniendo una excelente concordancia tanto para los modelos de yeso como para los digitales. Considerando en ortodoncia un nivel de fiabilidad según los autores Roberts y Richmond <sup>46</sup>, sugiriendo que valores por debajo de 0,4 es de escasa fiabilidad, entre 0,4 y 0,75 es de regular a buena, y por encima de 0,75 es excelente.

En las investigaciones revisadas se emplearon programas computarizados para la medición digital de modelos como: OrthoCAD (Cadent, Carlstadt, NJ)<sup>1,2,8</sup>. Zilberman<sup>2</sup> comparó dicho programa (c) con dos grupos de muestras; modelos artificiales (a) y duplicados en yeso de los mismos (b). Todos los grupos estuvieron altamente correlacionados, (a y b)  $R= 0,929-0,998$ ; (c y a)  $R= 0,784-0,976$ ; (c y b)  $R= 0,763-0,975$ . En el presente estudio, un valor entre 0.768 y 0.928, de igual manera nos indica su alta relación.

Según Stevens<sup>8</sup> los índices de Bolton anterior y total, no fueron estadísticamente significativos,  $P= ,790$  y  $P= ,084$ , respectivamente. Las diferencias en las sumas anteriores maxilares y mandibulares entre modelos de yeso y digitales fueron significativas  $P= ,0125$ , al igual que las sumas totales superiores e inferiores.  $P= ,226$  y  $P= ,256$ . Con respecto a esta tesis, se

encontraron valores tanto estadísticamente significativos: (suma anterior superior)  $P=,012$ ; (suma total superior)  $P=,012$ ; (suma total inferior)  $P=,000$ ; (Bolton Total)  $P=,011$ . Como valores estadísticamente no significativos: (suma anterior inferior)  $P=,158$ ; (Bolton anterior)  $P=,371$

Con el programa Emodel (GeoDigm, Chanhassen, Minn); Mullen<sup>9</sup> registra valores significativos tanto en las mediciones en el arco mandibular como maxilar, entre modelos de yeso con los Emodels.  $P=,0001$ ; y también valores no significativos en el índice de Bolton calculado con los dos métodos,  $P=,86$ .

Gracco<sup>11</sup> con un programa desarrollado por la Universidad de Padova Italia; Sousa<sup>16</sup> en Bauru, Brasil con el programa Geomagic Studio 5 software, y Radeke<sup>20</sup> con el programa OnyxCeph3TM analysis software (ImageInstruments, Chemnitz, Alemania). En sus resultados reportan que no se hallaron valores estadísticamente significativos entre mediciones físicas y digitales de modelos de diagnóstico en Ortodoncia.

En su investigación, Nalgaci<sup>17</sup> con el programa Ortho three-dimensional Models (O3DM); concluyó que existen diferencias estadísticamente significativas en las medidas obtenidas por ambos métodos  $P=,000$ ; en la que los modelos digitales arrojaron valores ligeramente menores que los obtenidos con los físicos. Pero los cálculos de las diferencias entre las mediciones obtenidas de Bolton anterior y total en los dos métodos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas  $P=,688$ ;  $P=,375$ .

Las razones más probables de diferencia de resultados en estos tipos de estudios tenemos en las diferentes variaciones en los programas para la medición digital; las posibles diferencias de operador en la ubicación de puntos sobre los dientes que esto a su vez, depende de muchos factores como el grado de experiencia del operador, el tamaño del monitor del computador que este proporcionará claridad en las imágenes para mayor facilidad; ya que es un paso muy importante en la medición digital de modelos. <sup>1, 8, 16</sup>



Cualquier diferencia de medidas entre los modelos de yeso y los digitales en este estudio, no se puede atribuir a materiales como el alginato, ya que los modelos digitales fueron hechos a partir de los modelos de yeso.<sup>1</sup>

En la literatura encontramos varias revisiones sistemáticas sobre mediciones manuales en comparación con Digitales en ortodoncia: Fleming y cols<sup>15</sup>. De Luca Canto y cols<sup>22</sup>. Rossini<sup>47</sup> en los años 2011, 2015 y 2016 respectivamente, donde concluyeron que las diferencias encontradas entre estos dos métodos son clínicamente irrelevantes, y que existe evidencia científica coherente para apoyar la validez de las mediciones de modelos dentales digitales en comparación con los manuales, por tanto se puede recomendar el uso de modelos digitales, como una alternativa a la medición tradicional.

## 9. CONCLUSIONES:

Con los resultados obtenidos en este estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Existe diferencia significativa entre SASM- SASD; STSM-STSD; STIM-STID; BTM-BTD, pero no existe diferencia significativa entre SAIM-SAID y BAM-BAD.
- El coeficiente de correlación  $R^2$ , indicó una excelente concordancia entre ambos grupos.
- No existió diferencia clínicamente significativa entre ambos grupos; de manera que el método de medición digital es una herramienta tan válida tanto como el método manual, en el diagnóstico y plan de tratamiento en ortodoncia
- La precisión, exactitud y fiabilidad de los dos métodos es alta y clínicamente aceptable.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2003 Jul;124(1):101–5.
2. Zilberman O, Huggare J, Parikakis KA. Evaluation of the Validity of Tooth Size and Arch Width Measurements Using Conventional and Three-dimensional Virtual Orthodontic Models. *The Angle Orthodontist*. 2003 Jun 1;73(3):301–6.
3. Tomassetti JJ, Taloumis LJ, Denny JM, Fischer JR. A Comparison of 3 Computerized Bolton Tooth-Size Analyses With a Commonly Used Method. *The Angle Orthodontist*. 2001 Oct 1;71(5):351–7.
4. Garino F, Garino B. “Comparison of Dental Arch Measurements Between Stone and Digital Casts”. *W J O* 2002; Vol 3: N° 3: 250 – 254.
5. Quimby ML, Vig KWL, Rashid RG, Firestone AR. The Accuracy and Reliability of Measurements Made on Computer-Based Digital Models. *The Angle Orthodontist*. 2004 Jun 1;74(3):298–303.
6. Hayasaki H, Martins RP, Gandini LG, Saitoh I, Nonaka K. A new way of analyzing occlusion 3 dimensionally. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2005 Jul;128(1):128–32.
7. Rheude B, Lionel Sadowsky P, Ferriera A, Jacobson A. An Evaluation of the Use of Digital Study Models in Orthodontic Diagnosis and Treatment Planning. *The Angle Orthodontist*. 2005 May 1;75(3):300–4.
8. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: Comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2006 Jun;129(6):794–803.
9. Mullen SR, Martin CA, Ngan P, Gladwin M. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2007 Sep;132(3):346–52.
10. Asquith J, Gillgrass T, Mossey P. Three-dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study. *Eur J Orthod*. 2007 Oct;29(5):517–22.

11. Gracco A, Buranello M, Cozzani M, Siciliani G. Digital and plaster models: a comparison of measurements and times. *Progress In Orthodontics*. (2007), 8(2): 252-259
12. Jedlińska A. The comparison analysis of the line measurements between plaster and virtual orthodontic 3D models. *Annales Academiae Medicae Stetinensis*. (2008), 54(2): 106-113.
13. Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009 Jul;136(1):16.e1–16.e4.
14. El-Zanaty HM, El-Beialy AR, Abou El-Ezz AM, Attia KH, El-Bialy AR, Mostafa YA. Three-dimensional dental measurements: An alternative to plaster models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010 Feb;137(2):259–65.
15. Fleming P, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review: Digital models: a systematic review. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2011 Feb;14(1):1–16.
16. Sousa MVS, Vasconcelos EC, Janson G, Garib D, Pinzan A. Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2012 Aug;142(2):269–73.
17. Nalcaci R, Kocoglu-Altan AB, Bicakci AA, Ozturk F, Babacan H. A reliable method for evaluating upper molar distalization: Superimposition of three-dimensional digital models. *The Korean Journal of Orthodontics*. 2015;45(2):82.
18. Grünheid T, Patel N, De Felipe NL, Wey A, Gaillard PR, Larson BE. Accuracy, reproducibility, and time efficiency of dental measurements using different technologies. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2014 Feb;145(2):157–64.
19. Porto B, Porto T, Silva M, Grehs R, Pinto A, dos Santos-Pinto L, et al. Comparison of linear measurements and analyses taken from plaster models and three-dimensional images. *The Journal Of Contemporary Dental Practice*. (2014, Nov 1), 15(6): 681-687.
20. Radeke J, von der Wense C, Lapatki BG. Comparison of orthodontic measurements on dental plaster casts and 3D scans. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2014 Jul; 75 (4):264–74.



21. Reuschl R, Heuer W, Stiesch M, Wenzel D, Dittmer M. Reliability and validity of measurements on digital study models and plaster models. *European Journal Of Orthodontics*. 2015, Feb 27.
22. De Luca Canto G, Pachêco-Pereira C, Lagravere MO, Flores-Mir C, Major PW. Intra-arch dimensional measurement validity of laser-scanned digital dental models compared with the original plaster models: a systematic review. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2015 May;18(2):65–76.
23. Uribe RG, *Ortodoncia Teórica y Clínica*, 2da edición, Medellín Colombia, Corporación para Investigaciones Biológicas, 2010, 93-104p
24. Gregoret J, *Ortodoncia y Cirugía Ortognática diagnóstico y planificación*, 1ra edición, Barcelona, ESPAXS S.A, 1997, 46-72p
25. Kašparová M, Procházka A, Grajciarová L, Yadollahi M, Vyšata O, Dostálová T. Evaluation of dental morphometrics during the orthodontic treatment. *BioMedical Engineering OnLine*. 2014;13(1):68.
26. Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *Journal of Orthodontics*. 2008 Sep;35(3):191–201.
27. Horton HMI, Miller JR, Gaillard PR, Larson BE. Technique Comparison for Efficient Orthodontic Tooth Measurements Using Digital Models. *The Angle Orthodontist*. 2009 Nov 11;80(2):254–61.
28. Sjögren APG, Lindgren JE, Huggare JÅV. Orthodontic Study Cast Analysis—Reproducibility of Recordings and Agreement Between Conventional and 3D Virtual Measurements. *Journal of Digital Imaging*. 2010 Aug;23(4):482–92.
29. Cha B-K. Clinical Application of Three-Dimensional Reverse Engineering Technology in Orthodontic Diagnosis. In: Naretto S, editor. *Principles in Contemporary Orthodontics*. InTech; 2011.
30. Shastry S, Park JH. Evaluation of the use of digital study models in postgraduate orthodontic programs in the United States and Canada. *The Angle Orthodontist*. 2013 Jun 6;84(1):62–7.
31. Mangiacapra R, Butti A, Salvato A, Biagi R. Traditional plaster casts and dental digital models: intra-examiner reliability of measurements. *Progress In Orthodontics* [serial on the Internet]. (2009), [cited November 11, 2015]; 10(2): 48-53. Available from: MEDLINE with Full Text.

32. Bailey E, Nelson G, Miller AJ, Andrews L, Johnson E. Predicting tooth-size discrepancy: A new formula utilizing revised landmarks and 3-dimensional laser scanning technology. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013 Apr;143(4):574–85.
33. Shellhart WC, Lange DW, Kluemper GT, Hicks EP, Kaplan AL. Reliability of the Bolton tooth-size analysis when applied to crowded dentitions. *The Angle Orthodontist*. 1995 Oct 1;65(5):327–34.
34. Bolton WA. Disharmony In Tooth Size And Its Relation To The Analysis And Treatment Of Malocclusion. *The Angle Orthodontist*. 1958 Jul 1;28(3):113–30.
35. Bolton WA. The clinical application of a tooth-size analysis. *American Journal of Orthodontics*. 1962 Jul;48(7):504–29.
36. Bravo M E, Ortodoncia Clínica y sus Principios Teóricos y Prácticos, 1ra edición, Cuenca Ecuador, Imprenta Rocafuerte, 2007, 135-136p
37. Dalstra M, Melsen B. From alginate impressions to digital virtual models: accuracy and reproducibility. *Journal of Orthodontics*. 2009 Mar; 36(1):36–41.
38. Bootvong K, Liu Z, McGrath C, Hagg U, Wong RWK, Bendeus M, et al. Virtual model analysis as an alternative approach to plaster model analysis: reliability and validity. *The European Journal of Orthodontics*. 2010 Oct 1; 32 (5):589–95.
39. Correia GDC, Habib FAL, Vogel CJ. Tooth-size discrepancy: A comparison between manual and digital methods. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2014 Aug;19(4):107–13.
40. Naidu D, Freer TJ. Validity, reliability, and reproducibility of the iOC intraoral scanner: A comparison of tooth widths and Bolton ratios. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013 Aug;144(2):304–10.
41. Fabels LNJ, Nijkamp PG. Interexaminer and intraexaminer reliabilities of 3-dimensional orthodontic digital setups. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2014 Dec;146(6):806–11.
42. Im J, Cha J-Y, Lee K-J, Yu H-S, Hwang C-J. Comparison of virtual and manual tooth setups with digital and plaster models in extraction cases. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2014 Apr;145(4):434–42.



43. Trevejo A, Fernández D, Calderón V. Estereolitografía: Conceptos básicos. *Rev. Estomatol Herediana*. 2013 Abr-Jun;23 (2):96-100.
44. Ochoa A, Pradíes G. Estudio experimental in vitro de tres escáneres CAD/CAM extraorales. Universidad Complutense de Madrid. Madrid España. Septiembre 2012.
45. The American Board of Orthodontics (ABO) Digital Model Requirements. Disponible desde: <https://www.americanboardortho.com/media/1157/abo-digital-model-requirements.pdf>
46. Roberts CT, Richmond S. The design and analysis of reliability studies for the use of epidemiological and audit indices in orthodontics. *Br J Orthod* 1997; 24:139-47.
47. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2016 Feb;149(2):161–70.

## 11. ANEXOS:

- Captura de pantalla de los resultados digitales obtenidos por medio del programa Nemocast 3D



- Ficha de recolección de datos para modelos de estudio de yeso y medidas manuales

Numero: .....

Nombre: .....

Modelo Superior (mm).

16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26

Modelo inferior (mm).

46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36



Suma Total superior 6-6 (mm).....  
Suma Total Inferior 6-6 (mm).....  
Suma Anterior Superior 3-3 (mm).....  
Suma Anterior Inferior 3-3 (mm) .....

**Bolton Total ( $\pm 0.26$ )**

<b>Relación total:</b> $\frac{\text{Suma 12 mand. mm}}{\text{Suma 12 max. mm}} \times 100 = \%$	
<b>Relación total: &gt; 91,3%</b> Max. 12 pac. .... corresp. .... Mand. 12 ideal ..... - ..... = ..... Mand. 12 pac.    Mand. 12 ideal <input type="text"/> Exceso Inferior	<b>Relación total: &lt; 91,3%</b> Mand. 12 pac. .... corresp. .... max. 12 ideal ..... - ..... = ..... Max. 12 pac.    Max. 12 ideal <input type="text"/> Exceso Superior

**Bolton Anterior ( $\pm 0.22$ )**

<b>Relación anterior:</b> $\frac{\text{Suma 6 mand. mm}}{\text{Suma 6 max. mm}} \times 100 = \%$	
<b>Relación anterior: &gt; 77,2%</b> Max. 6 pac. .... corresp. .... Mand. 6 ideal ..... - ..... = ..... Mand. 6 pac.    Mand. 6 ideal <input type="text"/> Exceso Inferior	<b>Relación anterior: &lt; 77,2%</b> Mand. 6 pac. .... corresp. .... max. 6 ideal ..... - ..... = ..... Max. 6 pac.    Max. 6 ideal <input type="text"/> Exceso Superior